

茶多酚对冷藏带鱼品质及抗氧化效果的影响

王丹丹, 李婷婷*, 刘 焯, 付宇婷, 傅慧君, 梁梦竹
(大连民族学院生命科学学院, 辽宁 大连 116600)

摘要:以带鱼为研究对象, 采用不同质量浓度(0、0.10、0.15、0.20、0.25、0.30、0.40 g/100 mL)茶多酚将带鱼片浸渍30 min后于4 °C冷藏, 每隔3 d取样测定菌落总数以及酸价、过氧化值(peroxide value, POV)、硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值、三甲胺(trimethylamine, TMA)值、挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值等理化指标和感官评分、色差、质构分析, 研究不同质量浓度茶多酚对带鱼的抗氧化效果。结果表明:带鱼的菌落总数、酸价、POV、TBA值、TMA值、TVB-N值以及颜色饱和度都随贮藏时间延长而呈现增加的趋势, 感官评分及质构测得的各项参数一直降低。经茶多酚处理过的实验组各项指标相对空白对照组变化较为缓慢, 且当茶多酚质量浓度为0.20 g/100 mL时, 保鲜效果最佳, 能够抑制带鱼低温冷藏过程中的细菌生长, 并有效减缓蛋白质、脂肪等氧化分解, 不仅使带鱼货架期延长了3 d, 而且使带鱼的色泽与营养在更长的保存时间内保持不变。

关键词:带鱼; 脂肪氧化; 茶多酚; 品质; 货架期

Effect of Tea Polyphenols on the Quality of *Trichiurus haumela* during Cold Storage

WANG Dandan, LI Tingting*, LIU Ye, FU Yuting, FU Huijun, LIANG Mengzhu
(College of Life Science, Dalian Nationality of University, Dalian 116600, China)

Abstract: The objective of the present work was to investigate the effect of tea polyphenols the quality of *Trichiurus haumela*. *Trichiurus haumela* fillets were treated with different concentrations of tea polyphenols (0, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30 and 0.40 g/100 mL) and subsequently stored 4 °C, and total viable count (TVC), physicochemical indicators such as acid value (AV), peroxide value (POV), thiobarbituric acid (TBA) value, trimethylamine (TMA) value and total volatile basic nitrogen (TVB-N) value, sensory evaluation score, color parameters and texture characteristics were assessed on the treated and the control samples at three-day intervals during the storage. Results showed that TVC, AV, POV, TBA, TMA and TVB-N and chromaticity values of *Trichiurus haumela* fillets presented an increasing trend with the extension of storage time. At the same time, sensory evaluation score and texture parameters decreased gradually. All the tested parameters changed more slowly in the experimental groups than in the control group. Tea polyphenols when used at 0.20 g/100 mL were found to be the most effective in maintaining the quality of *Trichiurus haumela* by inhibiting bacterial growth and effectively slowing down oxidative decomposition of protein and lipid. As a result, the shelf life was extended by three days at 4 °C, and the color and nutrients remained unchanged for a long time.

Key words: *Trichiurus haumela*; fat oxidation; tea polyphenols; quality; shelf life

中图分类号: S983

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2015)02-0210-06

doi:10.7506/spkx1002-6630-201502041

带鱼(*Trichiurus lepturus*)又叫刀鱼、裙带等, 其富含脂肪、蛋白质、不饱和脂肪酸等多种营养成分^[1]。同时带鱼性温, 味甘, 具有暖胃、补气以及消除疲劳、提精养神之功效。然而由于带鱼肌肉中脂肪含量较高, 极易产生氧化酸败等问题, 不仅会使产品产生哈喇味, 而且还会使产品发生

褪色、褐变等现象, 从而降低产品品质和营养价值^[2]。

茶多酚(tea polyphenols, TP)是茶叶中多酚类物质的总称, 又称茶鞣或茶单宁, 儿茶素含量为60%~80%。TP是从茶叶中提取^[3]的全天然抗氧化食品, 具有抗氧化能力强、无毒副作用、无异味等特点。

收稿日期: 2014-06-27

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(31301572); 中国博士后科学基金项目(2014M552302);

大连民族学院“太阳鸟”学生科研项目

作者简介: 王丹丹(1992—), 女, 本科, 主要从事水产品贮藏加工及质量安全控制研究。E-mail: wangdd829@163.com

*通信作者: 李婷婷(1978—), 女, 副教授, 博士, 主要从事水产品贮藏加工及质量安全控制研究。E-mail: tingting780612@163.com

目前将TP应用于带鱼保鲜技术的研究已有很多报道^[4],但是对带鱼低温贮藏过程中氧化腐败过程的研究却较少报道。TP作为天然抗氧化剂与其他天然抗氧化剂,如VC、VE、迷迭香提取物等比较,具有独特的高效抗氧化效果,在带鱼保鲜过程中起了重要作用。因此本实验以带鱼为研究对象,将TP配制成0、0.10、0.15、0.20、0.25、0.30、0.40 g/100 mL不同质量浓度的溶液,将带鱼浸渍30 min后于4 °C条件下贮藏,通过测定微生物、氧化及相关理化指标等,研究不同质量浓度TP对带鱼的抗氧化效果,并得出对带鱼起到保鲜效果的最佳TP质量浓度,该研究可为延长带鱼及其他鱼类产品货架期、冷藏保鲜提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

带鱼 (*Trichiurus lepturus*) 购于辽宁大连市开发区商场海产品批发市场,条质量0.25~0.50 kg。冰藏条件下当日进行实验。

TP (纯度95%,黄褐色粉末,菌落总数小于100 CFU/g) 杭州浙大茶叶科技有限公司。

氢氧化钾、无水乙醚、无水乙醇、酚酞、高氯酸、氯化钠、盐酸三甲胺、甲醛、无水硫酸钠、碳酸钾、甲苯、胰蛋白胨、酵母膏、葡萄糖、琼脂等均为分析纯。

1.2 仪器与设备

FA2004电子天平 上海良平仪器仪表有限公司; FW 100高速万能粉碎机 天津市泰斯特仪器有限公司; DHG-9140 A电热鼓风干燥箱 上海森信实验仪器有限公司; 平板计数培养基 国药集团化学试剂有限公司; HVE-50灭菌锅 上海申安医疗器械厂; pH计 梅特勒-托利多(上海)有限公司; 玻璃仪器烘干机 巩义市予华仪器有限责任公司; HH-6数显恒温水浴锅 国华电器有限公司; UV-2550紫外-可见光光度计 日本岛津公司; CHROMA METER CR-400色差计 日本Minolta公司; 离心机 长沙湘仪离心机仪器有限公司; TA.XT.plus质构仪 昆山市超声仪器有限公司; KJELTEC2300全自动凯氏定氮仪 丹麦Foss公司。

1.3 方法

1.3.1 材料预处理

将带鱼去头,去内脏,切成4~5 cm长的鱼段,清洗并去除差异较大的鱼段,随机分组备用。根据国家食品添加剂使用限量,并查阅文献[5-6]结合预实验经验,将TP最大实验质量浓度定为0.4 g/100 mL,质量浓度梯度为0、0.10、0.15、0.20、0.25、0.30、0.40 g/100 mL。配制时,用4 °C的去离子水将TP稀释到相应的质量浓度备用。

处理好后,将各组鱼段放在对应的TP溶液中浸渍30 min,取出后沥水5~10 min,根据不同质量浓度,将每个鱼段放入一个保鲜袋中,同一组鱼段放入一个保鲜盒中,置于0~4 °C的冰箱中保存。分别在0、3、6、9、12、15、18 d的时候抽样测定一次,并做2次平行实验。

1.3.2 菌落总数测定

参照GB 4789.2—2010《食品微生物学检验:菌落总数测定》^[7]进行测定。

1.3.3 酸价测定

参照GB/T 5009.37—2003《植物油卫生标准的分析方法》^[8]进行测定。

1.3.4 过氧化值(peroxide value, POV)测定

参照GB/T 5009.37—2003^[8]中POV(第二法)进行测定。

1.3.5 硫代巴比妥酸(thiobarbituric acid, TBA)值测定

参考Siu等^[9]的TBA测定方法,称取10 g搅碎鱼肉,加入25 mL双蒸水,均质后,再加入25 mL 5 g/100 mL三氯乙酸搅匀,静止30 min。然后,取5 mL上清液,加入5 mL 0.02 mol/L的TBA溶液。混合液在80 °C恒温水浴加热40 min显色,冷却至室温后,在532 nm波长处测定吸光度。TBA值用丙二醛(malonaldehyde, MDA)的含量表示,单位为mg MDA/kg。

1.3.6 三甲胺(trimethylamine, TMA)值测定

参照《火腿中三甲胺氮测定方法的修订及验证》^[10]进行测定。

1.3.7 挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)值测定

使用全自动定氮仪,参考文献[11]中《鲜鱼和冻鱼中挥发性盐基氮(TVB-N)的测定》测定带鱼中的TVB-N值。

1.3.8 感官评定

针对不同处理条件下不同时间带鱼段的气味和色泽进行综合评定。评定人员由经过专门培训的5~7名人员组成,具体评分标准见表1。

表1 感官评价标准

Table 1 Standards for sensory evaluation of *Trichiurus haumela*

描述	好(5分)	较好(4分)	一般(3分)	较差(2分)	差(1分)
气味	生鱼肉固有的腥味	腥味稍淡,并稍有抗氧化剂的味道	腥味稍淡,抗氧化剂味道较明显	腥味稍淡,抗氧化剂味道明显	抗氧化剂味道较浓,腥味完全被掩盖
色泽	色泽正常,富有光泽	色泽正常,有光泽	色泽稍暗淡,稍有光泽	色泽较暗淡,无光泽	色泽暗淡,无光泽

1.3.9 色差测定

采用色彩色差计测定带鱼片的 L^* (明亮度)、 a^* (红绿偏差)和 b^* (黄蓝偏差)值,3个指标值先用白板进行校准。 $L^*=100$ 表示白色, $L^*=0$ 表示黑色; a^* 、 b^* 为彩度指数, $+a^*$ 表示红色, $-a^*$ 表示绿色; $+b^*$ 表示黄色, $-b^*$ 表示蓝色。每个样平行测定3次,取平均值。颜色饱和度值 C ,用 $(a^2+b^2)^{1/2}$ 表示,用

来说明肉色的深浅, 越低说明肉色越淡, 越高则表示肉色越深。

1.3.10 质构分析

取均匀厚度的带鱼片, 使用质构分析仪进行质构分析。设定参数为, 测量前探头下降速率: 3.0 mm/s; 测试速率: 0.5 mm/s; 测量后探头回程速率: 3.0 mm/s; 针入距离: 3 mm; 触发力值: 5 g; 探头类型: P/5。

1.4 统计与分析

实验重复2次, 每次各数据进行3次重复测定 ($n=2 \times 3$)。采用Excel 2003对数据进行计算和作图, 采用SPSS 17.0对数据进行分析。采用单因素方差分析 (analysis of variance, ANOVA) 来比较各组间的差异, 显著性水平设为 $P < 0.05$, 结果表达为 $\bar{x} \pm s$ 。

2 结果与分析

2.1 TP处理带鱼片的菌落总数变化

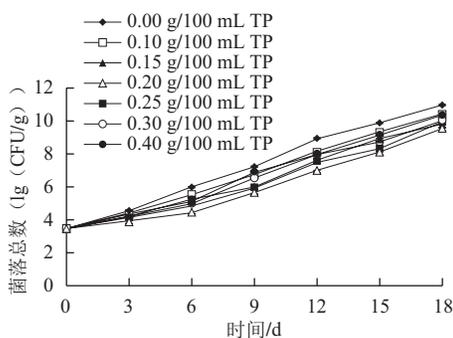


图1 TP处理带鱼片在贮藏过程中菌落总数的变化

Fig.1 Changes in total viable count of TP-treated *Trichiurus haumela* fillets during storage

微生物是导致多数水产品腐败的主要因素, 腐败微生物的生长状况可以反映水产品的腐败程度。参照SC 128—1984《农牧渔业部标准: 鲜带鱼》^[6]可知鲜带鱼的菌落总数小于 10^4 CFU/g 为一级品, 菌落总数小于 10^6 CFU/g 为二级品。选用不同质量浓度TP处理带鱼, 通过TP与蛋白质的多种结合作用可以有效阻止细菌侵染, 产生抑菌的效果。由图1可以看出: 随着贮藏时间的延长, 各组的菌落总数均呈上升趋势, 空白对照组的菌落总数增长速度明显快于实验组。在第6天时, 空白对照组的菌落总数就已经超过二级鲜度指标, 达到了 1.02×10^6 CFU/g。在第9天时, TP质量浓度^[12]为 0.20 g/100 mL 的实验组菌落总数为 4.57×10^5 CFU/g, 仍保持在二级鲜度水平, 而此时空白对照组菌落总数已经达到 1.78×10^8 CFU/g, 与各实验组差异显著 ($P < 0.05$)。可见, TP对带鱼体内微生物的生长繁殖起到一定抑制作用, 可延长其货架期。并且, 随着TP质量

浓度的增大, 其抑菌效果越来越明显。当TP质量浓度达到 0.20 g/100 mL 时, 抑菌效果最好, TP质量浓度继续增大, 变化不再显著。

2.2 TP处理带鱼片的酸价变化

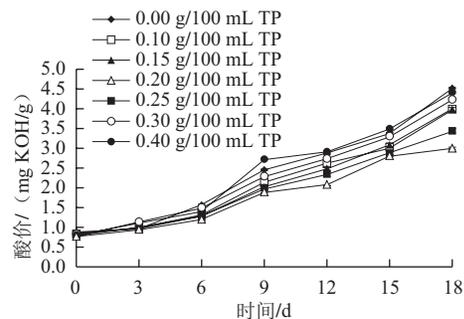


图2 TP处理带鱼片在贮藏过程中酸价的变化

Fig.2 Changes in acid value of TP-treated *Trichiurus haumela* fillets during storage

酸价是脂肪中游离脂肪酸含量的标志, 是衡量油脂品质的国际通用指标之一, 也是衡量含油脂食物酸败程度的一项重要指标^[13]。酸价越小, 说明油脂质量越好, 新鲜度和精炼程度越好。由图2可知, 随着贮藏时间的延长, 鱼肉中的脂肪^[5]在长期贮藏过程中, 由于微生物、酶和热的作用发生缓慢水解, 产生游离脂肪酸, 使酸价逐渐升高。酸价越大, 表明样品的腐败程度相对越高。随着贮藏时间的延长, 所有组变化都呈上升趋势。从整体上来看, TP质量浓度为 0.20 g/100 mL 时, 带鱼酸价的变化趋势最为平缓, TP质量浓度大于 0.20 g/100 mL 时, 结果与 0.20 g/100 mL 时相近, 这与菌落总数变化结果相吻合。到了第9天左右酸价值增长的尤为迅速 ($P < 0.05$)。第18天空白对照组酸价值最高, 已达到 4.52 mg KOH/g, 而各实验组中酸价值最低为 3.02 mg KOH/g。由此可见, TP可有效抑制鱼肉脂肪的氧化酸败, 从而使酸价变化较为缓慢, 以达到保持带鱼品质的效果。

2.3 TP处理带鱼片的POV变化

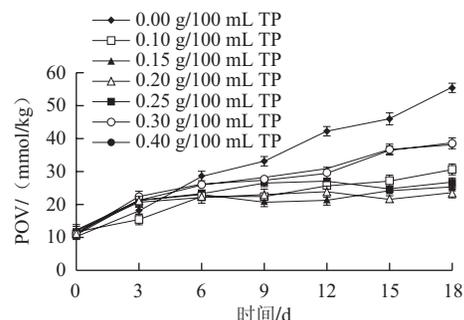


图3 TP处理带鱼片在贮藏过程中POV的变化

Fig.3 Changes in POV value of TP-treated *Trichiurus haumela* fillets during storage

POV是判断油脂酸败程度的重要指标^[14]，一般来说POV越高其酸败程度就越严重。TP中儿茶素的B环、C环上的酚性羟基特有的供氢体活性，可与脂肪的游离酚羟基结合，消耗脂肪酸的游离基，从而中断连锁反应，以此减缓带鱼中油脂氧化速度，达到抗氧化的作用。带鱼片贮藏过程中POV的变化趋势如图3所示。随着贮藏时间的延长，实验组和空白对照组的曲线都呈上升趋势，说明带鱼片都发生了不同程度的酸败。第9天以后，空白对照组与实验组开始出现显著差异 ($P < 0.05$)。这是因为过氧化物在贮藏初期生成速度不明显，而随着氧化反应的不断进行，脂肪酸氢过氧化物开始不断增加，生成速度逐渐加快。实验组经过TP的处理，能在一定程度上抑制氧化反应的进行，所以POV低于空白对照组。TP质量浓度为0.10、0.15、0.20、0.25 g/100 mL的几个实验组差异不显著 ($P > 0.05$)，POV变化一直很平缓，没有明显上升的现象。其中，TP质量浓度为0.20 g/100 mL的曲线相对其他质量浓度变化最为缓慢，抗氧化效果最显著。

2.4 TP处理带鱼片的TBA值变化

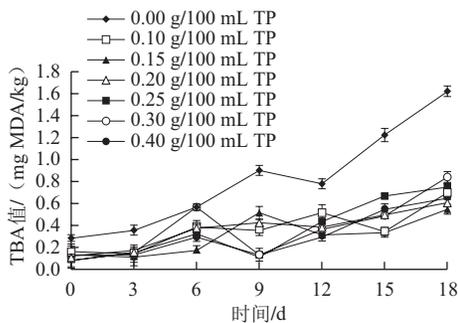


图4 TP处理带鱼片在贮藏过程中TBA值的变化

Fig.4 Changes in TBA value of TP-treated *Trichiurus haumela* fillets during storage

TBA值是测定水产品脂肪氧化酸败程度的良好判断指标^[15]。主要是根据不饱和脂肪酸经过氧化得到的降解产物MDA与TBA产生颜色反应，生成稳定的红色化合物^[16]，并以此测定吸光度。由图4看出，随着贮藏时间的延长，TBA值变化不稳定，有升有降，这是因为次级产物MDA与肉类中的氨基相互作用生成1-氨基-3-氨基丙烯^[17]，从而导致TBA值下降；而经过氧化得到的MDA会使TBA值上升。但总体看来，曲线呈现上升趋势，表明随着时间的延长，带鱼氧化酸败程度越来越严重。到第9天以后，空白对照组的酸败程度尤为明显，与各实验组差异显著 ($P < 0.05$)，添加TP的实验组均能降低带鱼片的TBA值，说明TP能有效地抑制带鱼片脂肪的氧化酸败。但是不同TP质量浓度的实验组之间差异并不显著 ($P > 0.05$)，一方面可能是各质量浓度梯度之间相差很小，效果不明显；另一方面，可能由于实验测量过程中的误差所致。

2.5 TP处理带鱼片的TMA值变化

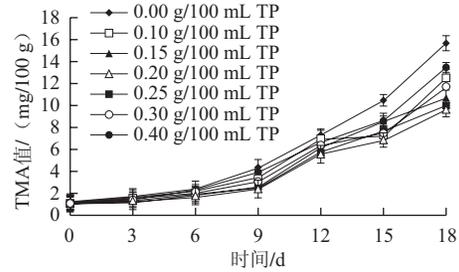


图5 TP处理带鱼片在贮藏过程中TMA值的变化

Fig.5 Changes in TMA value of TP-treated *Trichiurus haumela* fillets during storage

氧化TMA是水产品体内自然存在的内源性物质，鱼体内的TMAO经厌氧菌分解释放出的TMA是表示鱼的新鲜度的重要生化指标^[18]，TMA值越高，代表鱼的新鲜程度越差。如图5所示，带鱼中TMA值随着贮藏时间的延长呈现增加的趋势，腥臭味也越来越明显。由图5可知，空白对照组的带鱼，在第0~6天时，TMA含量不大于2.5 mg/100 g，属于二级新鲜；第6天之后，TMA值迅速增加，并逐渐超过新鲜度标准值。经TP处理过的带鱼，各时期的TMA值明显低于空白对照组 ($P < 0.05$)。并且TP质量浓度为0.20 g/100 mL的实验组，第9天的TMA值为2.4 mg/100 g，仍保持在二级鲜度水平。总体看来，TMA值的变化趋势与菌落总数、酸价等呈现较好的相关性，说明适宜质量浓度的TP能有效抑制细菌生长，降低细菌对蛋白质的分解，达到了减缓TMA值上升的作用。

2.6 TP处理带鱼片的TVB-N值变化

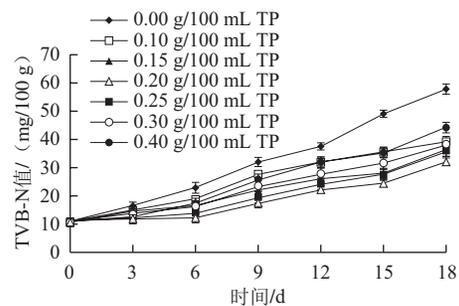


图6 TP处理带鱼片在贮藏过程中TVB-N值的变化

Fig.6 Changes in TVB-N value of TP-treated *Trichiurus haumela* fillets during storage

TVB-N是我国水产品国家卫生标准中主要的鲜度指标^[19-20]，可以反映水产品的新鲜程度，由SC/T 3102—2010《鲜、冻带鱼》可知，TVB-N不大于13 mg/100 g的鲜带鱼的为一级品，TVB-N不大于30 mg/100 g的为二级品。由图6可知，用TP处理的带鱼段的TVB-N值与空白对照组差异显著 ($P < 0.05$)。其中，TP质量浓度为0.20 g/100 mL的实验组在第6天时TVB-N值为

12.19 mg/100 g, 仍保持在一级鲜度, 而空白对照组在第3天时其TVB-N值已超过一级鲜度指标, 到第9天时已超过二级鲜度指标。当TP质量浓度超过0.20 g/100 mL时, 效果与此质量浓度时相近。可见TP能有效延长带鱼低温贮藏的货架期。并且各实验组TVB-N值的变化与菌落总数、TMA值等指标的变化有较好的正相关性。

2.7 TP处理带鱼片的感官指标变化

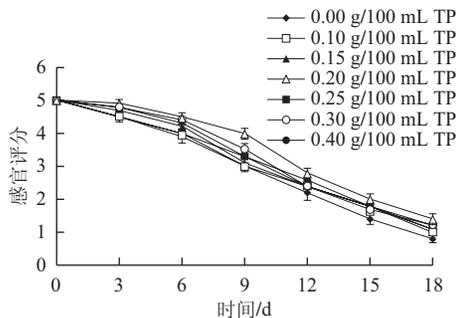


图7 TP处理带鱼片在贮藏过程中感官评价的变化

Fig.7 Changes in sensory evaluation of TP-treated *Trichiurus haumela* fillets during storage

感官评分主要由专门人员对鱼肉的气味与色泽进行综合评定, 通过表现反映鱼肉的腐败程度。由图7可知, TP质量浓度为0.20 g/100 mL的实验组对鱼肉感官色泽变化的影响最明显, 感官评分值的变化趋势最为缓慢, 在前9 d, 感官评分值一直保持在3分以上, 并且与空白对照组差异显著 ($P < 0.05$)。空白对照组的感官评分在第18天时已经低于1, 表现出肌肉组织松散, 弹性变差, 肉质黏稠, 并带有臭味, 而用TP处理过的各实验组的感官评分仍在1以上。但质量浓度低于0.20 g/100 mL的各实验组之间差异不显著 ($P \geq 0.05$), 且感官评分下降比较迅速。带鱼感官评分变化与菌落总数、酸价、POV等的变化表现出良好的相关性, 由此表明, TP处理能够有效抑制冷藏过程中带鱼片体内微生物的生长繁殖速度, 从而较好地保持了其感官品质。

2.8 TP处理带鱼片色差的变化

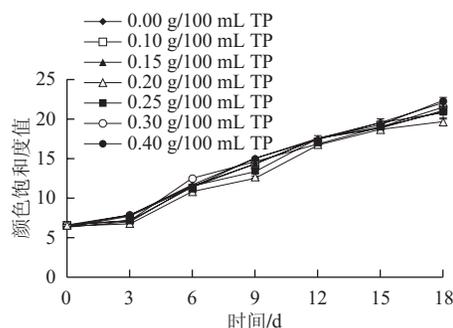
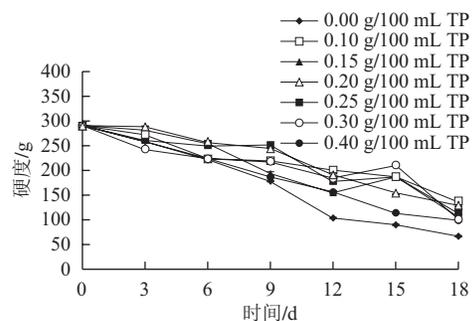


图8 TP处理带鱼片在贮藏过程中色差的变化

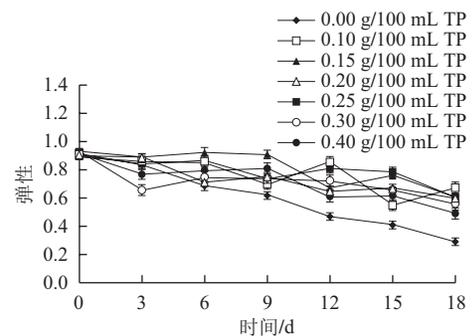
Fig.8 Changes in chromaticity value of TP-treated *Trichiurus haumela* fillets during storage

经不同质量浓度的TP溶液浸泡后, 各组带鱼片的颜色饱和度和值差异并不显著 ($P > 0.05$)。其中亮度 L^* 值的变化, 各组之间没有显著差异; a^* 和 b^* 值的变化, 只有TP质量浓度为0.20 g/100 mL的实验组明显低于空白对照组 ($P < 0.05$), 说明质量浓度为0.20 g/100 mL实验组带鱼片的红色和黄色有减少; 各组 C^* 值均在第9天后增长显著, 除了质量浓度不小于0.20 g/100 mL的组外, 其他各组之间在各时期的 C^* 值相接近 (图8)。结果表明, 当TP质量浓度低于0.20 g/100 mL时, 其溶液对带鱼片颜色变化几乎没有影响。

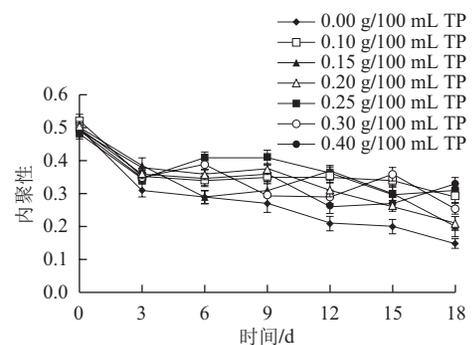
2.9 TP处理带鱼片质构指标的变化



a.硬度



b.弹性



c.内聚性

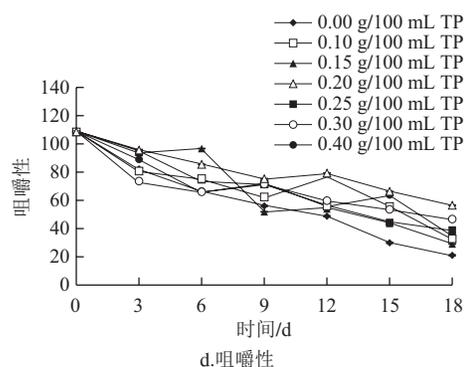


图9 TP处理对带鱼片贮藏期间质构的影响

Fig.9 Effect of TP on texture characteristics of *Trichiurus haumela* fillets during storage

质构特性包括硬度、弹性、咀嚼性、胶性、黏着性、凝聚性和回复性等，是反映水产品品质的一个重要属性^[21-22]。图9的结果表明：随着贮藏期的延长，带鱼片的各个质构参数都在下降。各实验组的质构参数与空白对照组的差异显著 ($P < 0.05$)，而各实验组之间的差异并不明显 ($P > 0.05$)。从图9a可以看出，空白对照组测得的硬度下降趋势明显，第9天后下降得尤其迅速，这是因为随着贮藏期的延长，保鲜袋中水分、微生物等因素导致带鱼脂肪氧化^[23]、蛋白质水解等腐败现象发生，从而使带鱼片的硬度下降。各实验组的硬度总体也呈下降趋势，但速度比空白对照组缓慢，第9天以后各实验组的硬度明显优于空白对照组，表明TP能在一定程度上抑制带鱼片的腐败，这与TP的抗菌抑菌作用有关。图9b、c显示，空白对照组的弹性和内聚性呈下降趋势，表明随着贮藏时间的延长，带鱼片腐败越来越严重。各实验组的弹性和内聚性也呈下降趋势，但是下降趋势较空白组缓慢，各组之间差异不明显 ($P > 0.05$)。有的TP处理组的曲线变化趋势不稳定，可能是由于实验过程中取样具有差异性、测量过程中存在一定误差。咀嚼性反映的是食品从可咀嚼状态到可吞咽状态所需的能量，在数值上用硬度、内聚性和弹性三者的乘积表示，硬度对咀嚼性影响程度最大，从图9d可以看出，带鱼片的咀嚼性和硬度变化情况基本一致，表现出较好的正相关性。并且与菌落总数、酸价、TMA值、感官评分等指标均表现出良好的相关性。表明适当质量浓度的TP处理能够有效抑制细菌增长，减缓鱼的氧化变质，保持和改善带鱼的质构品质。

3 结论

本实验结果表明，经过TP浸渍处理的带鱼片在4℃冷藏过程中的菌落总数、酸价、TMA值、TVB-N值等指标明显低于空白对照组，感官评分、色差也具有相对较好的效果，用TP处理的带鱼片，其硬度、弹性等质构

指标均低于空白对照组。这与TP高效的抑菌作用有关，并且，各项指标之间表现出良好的相关性。同时POV、TBA值两个氧化指标在TP的抗氧化作用下，也明显低于空白对照组，且表现出良好的相关性。其中，当TP质量浓度为0.20 g/100 mL或者高于此质量浓度时，能有效地抑制微生物生长^[24]，减缓带鱼片脂肪的氧化酸败和蛋白质降解速度，在第9天时，带鱼各项指标仍保持良好，比空白对照组至少延长了3 d的二级鲜度货架期，因此TP处理在带鱼片的冷藏保鲜过程中具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 王可玲, 张培军, 刘兰英. 中国近海带鱼分种的研究[J]. 海洋学报, 1993, 15(2): 1-9.
- [2] LLOYD M A H, ESS S J, DRAKE M A. Effect of nitrogen flushing and storage temperature on flavor and shelf-life of whole milk powder[J]. Journal of Dairy Science, 2009, 92(6): 2409-2422.
- [3] 王玉春. 茶多酚的提取方法及应用研究进展[J]. 甘肃联合大学学报: 自然科学版, 2008, 22(3): 51-55.
- [4] 蓝蔚青, 谢晶, 赵海鹏, 等. 茶多酚对冷藏带鱼保鲜效果的比较研究[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(1): 159-161.
- [5] 曹荣, 薛长湖, 刘洪等. 一种复合型生物保鲜剂在牡蛎保险中的应用研究[J]. 食品科学, 2008, 29(11): 653-655.
- [6] SC 128—1984 农牧渔业部部标准: 鲜带鱼[S].
- [7] 卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB 4789.2—2010 食品微生物学检验: 菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [8] 卫生部, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.37—2003 食用植物油卫生标准的分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [9] SIU G M, DRAPER H. A survey of the malonaldehyde content of retail meats and fish[J]. Journal of Food Science, 1978, 43(4): 1147-1149.
- [10] 徐龙福, 俞飞兰, 胡振友, 等. 火腿中三甲胺测定方法的修订及验证[J]. 预防医学论坛, 2005, 11(6): 641-642.
- [11] FOSS公司. ASN3140鲜鱼和冻鱼中挥发性盐基氮(TVBN)的测定[R]. FOSS应用子报, 2002-08-16.
- [12] 徐宝才, 任发政, 周辉, 等. 防腐保鲜剂对牛肉火腿切片腐败菌抑制效果的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(7): 93-98.
- [13] RAO Yulan, XIANG Bingren, ZHOU Xiaohua, et al. Quantitative and qualitative determination of acid value of peanut oil using near-infrared spectrometry[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 93: 249-252.
- [14] STAPELFELDT H, NIELSEN B R, SKIBSTED L H. Effect of heat treatment, water activity and storage temperature on the oxidative stability of whole milk powder[J]. International Dairy Journal, 1997, 7(5): 331-339.
- [15] 孙群. 肉制品脂类氧化: 硫代巴比妥酸试验测定醛类物质[J]. 食品科学, 2002, 23(8): 331-333.
- [16] JO C, AHN D U. Volatiles and oxidatives changes in irradiated pork sausage with different fatty acid composition and tocopherol content[J]. Journal of Food Science, 2000, 65(2): 270-275.
- [17] CHO C Y. Fish nutrition, feed, and feeding: with special emphasis on salmonid aquaculture[J]. Food Reviews International, 1990, 6(3): 333-357.
- [18] 李丰. 水产品中氧化三甲胺、三甲胺、二甲胺检测方法及其鱿鱼丝中甲醛控制研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2012.
- [19] 马成林, 陈琦昌, 李力权, 等. 应用三甲胺评价鱼类新鲜度与TVB-N/TMA比值的比较研究[J]. 食品科学, 1993, 14(11): 16-19.
- [20] LUSM. Effect of bactericides and modified atmosphere packing on shelf life of Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*) [J]. Food Science and Technology, 2009, 42: 286-291.
- [21] 姜松, 王海鸥. TPA质构分析及测试条件对苹果TPA 质构分析的影响[J]. 食品科学, 2004, 25(12): 68-71.
- [22] 李婷婷, 张旭光, 胡文忠, 等. 大蒜提取物对冷藏蔬菜鱼丸品质的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 280-285.
- [23] 穆同娜, 张惠, 景全荣. 油脂的氧化机理及天然抗氧化物的简介[J]. 食品科学, 2004, 25(增刊1): 241-244.
- [24] 徐芑, 刘东成. 茶多酚抗氧化和抑菌机制的研究[J]. 中国医药导报, 2008, 23(5): 21-22.